

# **Blanqueo de la lana por vaporizado a 100 °C con agentes reductores**

por los Profs. **J. Cegarra, J. Gacén y J. Ribé**

Instituto de Investigación Textil  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Tarrasa (España)

## **Resumen**

Se estudia el blanqueo de la lana con reductores por el sistema de impregnación-vaporizado, empleándose el bisulfito sódico y un hidrosulfito estabilizado. Como variables más importantes se analiza la influencia del tiempo de vaporizado, pH y concentración de las soluciones de impregnación, sobre el grado de blanco obtenido y sobre las solubilidades alcalina y en urea-bisulfito, así como en el contenido en cistina y cisteína de las lanas blanqueadas; a través de los resultados obtenidos se determinan unas condiciones óptimas de blanqueo para cada reductor. A continuación se efectúa un estudio comparativo entre el sistema de blanqueo de la lana con reductores por vaporizado y en solución, llegándose a la conclusión de que el sistema de vaporizado produce, en la mayoría de las lanas estudiadas, un grado de blanqueo análogo al sistema en solución, con notables economías en el consumo de productos químicos, agua, vapor y electricidad.

## **1. Introducción**

El blanqueo de la lana con agentes reductores se ha venido efectuando, bien con dióxido de azufre en las denominadas cámaras de azufrado, o mediante el tratamiento de la lana en soluciones que contienen ácido sulfuroso, bisulfito sódico en medio ácido o sales del ácido ditiónico estabilizadas.

Todos estos procedimientos han sido profundamente estudiados, tanto en lo que se refiere a la acción de los agentes reductores sobre la lana, como a la interpretación del mecanismo por el cual la lana se blanquea en presencia de los reductores (2), así como las condiciones más aconsejables para efectuar el blanqueo con cada uno de los agentes y sistemas ensayados. Un buen resumen de la actual situación del blanqueo de la lana con reductores puede encontrarse en el trabajo de R. Freytag y A. Burckard (3).

Todos los sistemas indicados se efectúan de una forma discontinua, mediante el tratamiento de lotes de materia en las condiciones más idóneas. G. A. Lunger indica (4) que «para algunos usos se obtiene un suficiente grado de blanco, tratando la lana con 0,5 — 1 de hidrosulfito modificado a 49°C en la cuarta barca del leviatan», con lo que indica la posibilidad de blanquear la lana con reductores en solución por un método continuo.

Los estudios efectuados por los autores sobre el blanqueo de la lana con agua oxigenada y por vaporizado (5) y (6) debían ser complementados con el estudio del blanqueo de la lana con reductores por vaporizado, por varias razones: gran cantidad de materia en floca y en peinado que posteriormente se han de teñir en colores pálidos se blanquea con reductores, y esta forma de operar la materia es muy apta para los tratamientos continuos; cuando se desea obtener

un elevado grado de blanco se efectúa un blanqueo con oxidantes, seguido de otro con reductores y por lo tanto, habiendo visto las posibilidades de aquéllos era necesario conocer las de éstos, para que todo el proceso pueda efectuarse de forma continua; por último, la acción de los reductores sobre la lana a temperaturas elevadas de vaporizado, puede dar origen a otras modificaciones de la fibra independientemente del blanqueo conseguido, que puede ser interesante conocer.

En el presente trabajo se determinan las condiciones óptimas del blanqueo de la lana por vaporizado a 100°C, empleando como agentes reductores el bisulfito sódico y un hidrosulfito estabilizado; finalmente se hace un estudio comparativo entre los resultados obtenidos por el procedimiento de vaporizado y el método en solución, empleando lanas de diferente grado de pigmentación. El sistema de vaporizado a temperaturas superiores a 100°C será objeto de un posterior estudio.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Materia empleada

Para todos los ensayos se empleó peinado de lana española de tipo E, lavada industrialmente y previamente homogeneizada. La cantidad de materia empleada en cada ensayo fue de 5 g.

Las características de esta lana son las que se indican a continuación:

Reflectancia a 470 m $\mu$ (%)	53,5
Indice de amarillo (%)	51
W (%)	48,1
Solubilidad alcalina (%)	18
Solubilidad en urea bisulfito (%)	25,7
Cistina-cisteína (%)	11,5
Cisteína (%)	0,13

### 2.2. Reductores empleados

2.2.1. *Arostit BL (Sandoz) como hidrosulfito estabilizado.*

2.2.2. *Bisulfito sódico, reactivo análisis*

### 2.3. Aparatos empleados

2.3.1. *Aparato de vaporizado*

El aparato en que se efectuaron los vaporizados está descrito en un trabajo anterior (5).

2.3.2. *Medición del pH*

Las medidas de pH se efectuaron en un pH-metro Beckman de escala expandida y precisión de 0,01 unidades pH.

2.3.3. *Medición de reflectancias*

Se empleó un espectrofotómetro Beckman, modelo DU, acoplando el accesorio para reflectancias n.º 2580.

## 2.4. Determinación de la calidad del blanqueo

Para poder controlar y establecer las adecuadas comparaciones de los efectos producidos por el blanqueo se determinaron la reflectancia, solubilidad alcalina, solubilidad en urea bisulfito, el contenido de cistina-cisteína y el de cisteína. Antes de proceder a la determinación de estos parámetros se homogeneizaron las muestras blanqueadas.

### 2.4.1. Grado de blanco

Se hicieron dos tipos de medidas:

a) Determinación de la reflectancia de cada muestra a una longitud de onda de 470 mμ, empleando como muestra patrón carbonato magnésico. De cada ensayo se hicieron 10 lecturas.

b) Según la técnica propuesta por Jacquemart (7) mediante el empleo de la fórmula

$$W = \sqrt{(FC)^2 + (100 - TM)^2}$$

Cuanto menor es el valor W, más blanca es la lana.

### 2.4.2. Índice de amarillo

Según la fórmula de Hunter, adaptada por G. P. Norton y C. H. Nicholls (8). El índice de amarillo viene dado por la ecuación:

$$\text{Índice de amarillo} = \frac{R_{650} - R_{425}}{R_{650}} 100$$

### 2.4.3. Solubilidad alcalina

Según la norma de la Federación Lanera Internacional.

### 2.4.4. Solubilidad en urea-bisulfito

Según la norma de la Federación Lanera Internacional.

### 2.4.5. Cistina-cisteína

Según el Rapport n.º 16, diciembre 1964, Federación Lanera Internacional (9).

### 2.4.6. Cisteína

Según el método de Zahn, Gerthsen y Meichelbeck descrito en (10).

## 2.5. Técnica operatoria

Para ambos agentes reductores blanqueantes —Arostit BL y bisulfito sódico— se siguió la misma técnica operatoria.

En primer lugar se preparó el baño reductor con la cantidad de agente blanqueante adecuada; esta solución contenía también un 1 % de Imperiazon ST para favorecer la humectación. Se sumergieron en un recipiente que contenía 200 ml de la solución reductora 5 g de lana durante 2 minutos; pasado este tiempo se escurrió la muestra en un foulard de laboratorio de modo que la cantidad de solución retenida fuese el 120 % de su peso. A continuación se pasó al aparato de vaporizado previamente ambientado con vapor. El tiempo de vaporizado se midió desde el momento de abrir la llave de vapor central hasta que se sacó la muestra. Inmediatamente después del vaporizado, la muestra era sometida a 3 lavados de 5 minutos con agua destilada a temperatura ambiente, se escurría la muestra y se dejaba secar a temperatura ambiente. Cuando la muestra estaba seca, unas 24 horas después, se abría, se homogeneizaba y se efectuaban las determinaciones para valorar el efecto del blanqueo.

Los parámetros constantes del proceso fueron:

Tiempo de impregnación	2 minutos
Relación de baño en la impregnación	40/l.
% de escurrido	120
Cantidad de materia	5 g
Concentración de humectante	1 g/l.

El estudio de la influencia de las diferentes variables que intervienen en el proceso de blanqueo se efectuó según se indica en las tablas I (Arostit BL) y II (NaSO<sub>3</sub>H).

TABLA I

<i>Variables</i>	<i>Tiempo de vaporizado</i>	<i>Concentración de Arostit BL g/l</i>	<i>pH</i>
Tiempos	5	30	6,8
	10		
	15		
	30		
Concentración	5	5	6,8
		10	
		15	
		20	
		25	
		30	
		40	
		50	
pH	5	30	120
			5
			5,5
			6
			6,5
			7

TABLA II

<i>Variables</i>	<i>vaporizado</i> <i>Tiempo de</i>	<i>NaSO<sub>3</sub>H g/l</i> <i>Concentración de</i>	<i>pH</i>
Tiempo	5	30	5
	10		
	15		
	30		
Concentración	5	5	5
		10	
		15	
		20	
		25	
		30	
		40	
		50	
pH	5	25	4
			4,5
			5
			5,5
			6
			6,5
			7

### 3. RESULTADOS

Se indican en las tablas III, IV y V para el blanqueo con Arostit BL y en las VI, VII y VIII para el blanqueo con bisulfito sódico.

TABLA III

#### Influencia del tiempo de vaporizado en el efecto de blanqueo

<i>Tiempo de</i> <i>vaporizado</i>	<i>Media a</i> <i>470 mμ</i> <i>%</i>	<i>W</i> <i>%</i>	<i>Indice de</i> <i>amarillo</i> <i>%</i>	<i>Solubilidad</i> <i>alcalina</i> <i>%</i>	<i>Solubilidad</i> <i>en urea bi-</i> <i>sulfito</i> <i>%</i>	<i>Cistina</i> <i>cisteína</i> <i>%</i>	<i>Cisteína</i> <i>%</i>
5	60,7	41,4	39	12,1	21,1	11,66	0,71
10	60,1	40,7	36	14,6	17,9	11,65	0,70
15	59,5	41,5	37	14,2	17,8	11,28	0,66
30	58,1	42,7	39	14,6	15,2	11,12	0,78
muestra no tratada	53,5	48,1	51	18,8	25,7	11,5	0,13

**TABLA IV**

**Influencia de la concentración de Arostit BL en el efecto de blanqueo**

<i>Concen- tración g/l</i>	<i>Media a 470 mμ %</i>	<i>W %</i>	<i>Indice de amarillo %</i>	<i>Solubilidad alcalina %</i>	<i>Solubilidad en urea bi- sufito %</i>	<i>Cistina cisteína %</i>	<i>Cisteína %</i>
5	59,2	52,6	43	16	18,2	11,5	0,28
10	57	43,4	41	16,7	20,7	11,7	0,39
15	60,5	41,3	39	18,6	19,2	12	0,54
20	60,2	41,6	40	16,6	19	12,18	0,66
25	60,2	41,1	38	18,3	19,5	12,4	0,66
30	61,4	40,1	38	19,8	20,3	12,3	0,77
40	61,8	39,6	36,6	16,6	19,6	11,93	0,79
50	60,6	40,1	36,2	16,4	22,3	11,93	0,86
80	62,4	38,9	37,8	18,5	21,6	11,76	0,96
120	62,5	39,2	38,5	17,45	18,9	11,59	1,04

**TABLA V**

**Influencia de la variación del pH en el efecto de blanqueo**

<i>pH</i>	<i>Media a 470 mμ %</i>	<i>W %</i>	<i>Indice de amarillo %</i>	<i>Solubilidad alcalina %</i>	<i>Solubilidad en urea bi- sufito %</i>	<i>Cistina cisteína %</i>	<i>Cisteína %</i>
5	63	38,6	37,8	10,8	18,2	11,74	0,74
5,5	63,9	38	36,4	13,6	18	11,63	0,79
6	63,9	37,9	36,8	12,2	18,5	11,50	0,68
6,5	63	38,9	37,5	11,8	17,4	11,47	0,62
7	60	41,3	38,2	14,3	18,4	11,67	0,42

**TABLA VI**

**Influencia del tiempo de vaporizado en el efecto de blanqueo**

<i>Tiempo de vaporizado</i>	<i>Media a 470 mμ %</i>	<i>W %</i>	<i>Indice de amarillo %</i>	<i>Solubilidad alcalina %</i>	<i>Solubilidad en urea bi- sufito %</i>	<i>Cistina cisteína %</i>	<i>Cisteína %</i>
5	63,5	37,9	35,6	14,6	20,6	11,42	0,82
10	62,2	38,9	35	15,6	17,1	11,29	1,07
15	61,7	39,5	36,1	16,7	17,3	11,65	0,95
30	62,1	39	35,3	15,3	17,7	11,57	0,86

TABLA VII

Influencia de la concentración de  $\text{HSO}_3\text{Na}$  en el efecto de blanqueo

Concen- tración g/l	Media a 470 m $\mu$ %	W %	Indice de amarillo %	Solubilidad alcalina %	Solubilidad en urea bi- sufito %	Cistina cisteína %	Cisteína %
5	58,8	42,2	39,2	11,6	20,5	11,62	0,43
10	60,5	40,8	39,5	13,1	20,7	11,72	0,76
15	61	40,0	37,0	15,3	21,8	11,52	0,90
20	61,9	39,3	36,4	13,7	22	11,52	1,04
25	61,2	39,7	36,7	13	22	11,61	1,01
30	61,5	39,8	37	15,9	24	11,28	1,05
40	62	38,6	36,3	16,3	22,2	11,35	1,13
50	62,4	38,5	35	16,4	20,2	11,20	1,25

TABLA VIII

Influencia de la variación del pH en el efecto de blanqueo

pH	Reflectancia Media a 470 m $\mu$ %	W %	Indice de amarillo %	Solubilidad alcalina %	Solubilidad en urea bi- sufito %	Cistina cisteína %	Cisteína %
4	61,5	39,6	36,8	15,1	20	11,50	0,59
4,5	62,1	39,2	35,6	15,2	19,2	11,34	0,67
5	62,9	38,7	37,1	15,4	21	11,35	0,75
5,5	61,8	39,2	37,4	15	19,4	11,30	0,63
6	61,9	39,3	37,5	14	19,5	11,59	0,58
6,5	63,6	38	35,9	14,1	19,9	11,40	0,72
7	62,3	39,1	35,2	13,8	19,7	11,44	0,42

#### 4. DISCUSION

##### 4.1. Influencia del tiempo de vaporizado

##### 4.1.1. Arostit BL

Teniendo en cuenta los valores de las reflectancias a 470 m $\mu$ , el grado de blanco W, y el índice de amarillo de la tabla III, puede deducirse que el tiempo de vaporizado que proporciona un mejor blanqueo está comprendido entre 5 y 10 minutos. Cuando los tiempos de vaporizado son superiores a 15 minutos la calidad

de blanqueo desciende notablemente pero no tanto como en el blanqueo con oxidantes. La solubilidad alcalina de las muestras blanqueadas por vaporizado es inferior a la de las muestras blanqueadas por vaporizado es inferior a la de muestra original e independiente del tiempo. La disminución de la solubilidad alcalina debe ser atribuida al efecto del vapor y no al del agente reductor, pues en el blanqueo con reductores por el procedimiento convencional se presenta un ligero pero sensible, aumento de este parámetro. Lo mismo puede decirse con respecto a la solubilidad en urea-bisulfito, con la diferencia de que el blanqueo convencional no modifica prácticamente su valor. El contenido de cistina disminuye a partir de los 10 minutos de vaporizado, pero la disminución sólo es significativa para el vaporizado de 30 minutos. El contenido de cisteína es prácticamente independiente del tiempo de vaporizado.

#### 4.1.2. *Bisulfito sódico*

De la tabla VI se deduce que el tiempo óptimo de vaporizado es de 5 minutos y que el grado de blanco disminuye para un tiempo de 10 minutos sin experimentar una modificación sensible para tiempos superiores. La evolución de la reflectancia a 470  $m\mu$  es igual a la del grado de blanco W. El tiempo de vaporizado influye muy poco en el índice de amarillo. La influencia del tiempo de vaporizado en la solubilidad alcalina y en urea-bisulfito es del mismo tipo que en las muestras blanqueadas con Arostit BL. El contenido de cisteína puede considerarse invariable y el de cisteína alcanza un valor máximo cuando se vaporiza durante 10 minutos. De la comparación de las tablas III y VI se deduce que la lana es reducida más enérgicamente por el bisulfito sódico que por el Arostit BL en estas experiencias; ello viene acompañado de un grado de blanco más elevado en el caso del empleo del bisulfito sódico.

### 4.2. **Influencia de la concentración del agente reductor**

#### 4.2.1. *Arostit BL*

El estudio de la tabla IV nos lleva a la conclusión de que tanto el grado de blanco W, como el índice de amarillo presentan los valores óptimos a concentraciones de 30-40 g/l. Las solubilidades en álcali y en urea-bisulfito no resultan afectadas por la concentración de Arostit BL y se mantienen prácticamente constantes. El contenido cistina-cisteína es superior al de la lana original para algunas concentraciones, ello debe ser atribuido a reacciones secundarias y considerando los resultados en su conjunto, puede decirse que son independientes de la concentración de Arostit BL. El contenido de cisteína aumenta gradualmente con la concentración de agente blanqueante tal como era de esperar.

#### 4.2.2. *Bisulfito sódico*

Cuando la concentración de bisulfito sódico es superior a 15 g/l el grado de blanco y el índice de amarillo se mantienen constantes dentro de ciertos límites (ver tabla VII). La concentración influye muy poco en la solubilidad de álcali y en el contenido de cistina-cisteína, y mucho menos todavía en la solubilidad en urea-bisulfito. El contenido de cisteína aumenta constantemente al hacerlo la concentración de reductor sin que se presente paralelamente un aumento ostensible del grado de blanco.



### 4.3. Influencia del pH

#### 4.3.1. *Arostit BL*

El pH de la solución impregnadora no influye nada en las solubilidades en álcali y en urea-bisulfito, ni en el contenido de cistina-cisteína. Por el contrario, influye notablemente en el grado de blanco, índice de amarillo y contenido de cisteína. El mejor efecto de blanqueo se consigue entre pH 5,5-6, disminuyendo el efecto de blanqueo por encima o por debajo de dicha zona. Este efecto había sido ya observado en el caso del blanqueo de la lana con soluciones de bisulfito sódico (1).

#### 4.3.2. *Bisulfito sódico*

La influencia del pH de la solución impregnadora en la solubilidad en álcali, urea-bisulfito y contenido de cistina-cisteína es prácticamente nula. Como en el caso del Arostit BL, el pH influye notablemente en el grado de blanco, índice de amarillo y contenido de cisteína. El mejor grado de blanco se consigue a los pH 5 y 6.5. Se observa una correlación entre los valores del grado de blanco y el contenido de cisteína, siendo éstos inferiores a medida que el valor W es más elevado.

## 5. COMPARACION ENTRE LOS PROCESOS DE BLANQUEO CONVENCIONAL Y POR VAPORIZADO

Del examen de las tablas III a VIII se deduce que las condiciones óptimas para el blanqueo con Arostit BL y bisulfito sódico por vaporizado son las siguientes.

	<i>Arostit BL</i>	<i>Bisulfito sódico</i>
Tiempo de vaporizado (mínimo)	5 - 10	5
Concentración (g/l)	30 - 40	20 - 30
pH	5.5 - 6	5 y 6.5

Para poder valorar el efecto de blanqueo obtenido por vaporizado, se ha blanqueado por el procedimiento convencional con Arostit BL y bisulfito sódico la misma lana utilizada en el trabajo experimental. Las condiciones en que se ha efectuado el blanqueo son las siguientes:

	<i>Arostit BL</i>	<i>Bisulfito sódico</i>
Concentración (g/l)	5	5.5
Temperatura (°C)	45	50
Tiempo (horas)	3	2
pH	6.5	5
Relación de baño	1/20	1/20

También se ha procedido al blanqueo en solución y por vaporizado, en las condiciones anteriormente señaladas de cuatro lanas de diferentes grados de blanco iniciales, para poder comparar con mayor amplitud el proceso de blanqueo con reductores por vaporizado con el blanqueo convencional con los mismos agentes. Los resultados están indicados en la tabla IX.

TABLA IX

<i>Tipo de lana</i>	<i>Agente blanqueante</i>	<i>Procedimiento de blanqueo</i>	<i>Reflectancia a 470 mμ</i>	<i>W %</i>	<i>Indice de amarillo %</i>	<i>Cisteína %</i>
A	NaSO <sub>3</sub> H	Baño	72,7	27,7	27,2	1,20
		Vaporizado	74	27,8	25,1	1,20
	Arostit BL	Baño	74,8	27,4	25,5	0,87
		Vaporizado	75,6	25,3	24,1	0,95
	Muestra no	blanqueada	68,6	36,1	33,6	0,20
B	NaSO <sub>3</sub> H	Baño	70,4	32	27,3	1,09
		Vaporizado	65,3	35,5	28,7	1,15
	Arostit BL	Baño	71,6	29,6	26,7	0,78
		Vaporizado	64,6	36,2	28,2	0,79
	Muestra no	blanqueada	58,7	41,9	38,7	0,17
C	NaSO <sub>3</sub> H	Baño	64,6	36,6	29,4	0,87
		Vaporizado	63,9	37,3	31,7	0,90
	Arostit BL	Baño	65,9	35,7	31,2	0,66
		Vaporizado	64,2	36,8	30,5	0,72
	Muestra no	blanqueada	56,6	45,1	43,-	0,13
D	NaSO <sub>3</sub> H	Baño	61,1	40,-	36,-	1,1
		Vaporizado	62,9	38,7	37,1	0,75
	Arostit BL	Baño	63,3	37,8	36,-	0,81
		Vaporizado	63,9	38,-	36,8	0,68
	Muestra no	blanqueada	53,5	48,1	51,-	0,13
E	NaSO <sub>3</sub> H	Baño	69,8	41,7	41,1	0,70
		Vaporizado	59,5	41,6	40,-	0,82
	Arostit BL	Baño	60,5	41,4	40,4	0,50
		Vaporizado	59,1	42,-	39,2	0,67
	Muestra no	blanqueada	47,6	53,-	55,5	0,16

Del examen de la tabla IX se puede indicar que, con la excepción de la lana B, los resultados obtenidos por los sistemas de blanqueo en solución y por vaporizado son muy similares, ya que las pequeñas diferencias existentes caen dentro del campo del error experimental; el empleo del bisulfito sódico por el sistema de vaporizado, parece producir lanas con un I.A. ligeramente superior al obtenido cuando el blanqueo se efectúa en solución.

## 5.1. Consideraciones de tipo económico

Dado que las características del efecto de blanqueo son muy similares en ambas fibras, hemos considerado oportuno el finalizar este estudio indicando algunos aspectos de índole económica comparativa, entre el proceso convencional y el de vaporizado.

De acuerdo con las fórmulas establecidas como óptimas para el sistema de vaporizado y los empleados en el sistema por solución, se puede establecer el siguiente cuadro comparativo, bajo el supuesto de una producción de 1.000 kgs de lana blanqueada.

Concepto	Bisulfito Sódico		Arostit BL	
	Sistema		Sistema	
	Solución	Vaporizado	Solución	Vaporizado
Vapor (Cal)	308.000	201.000	264.000	201.000
Agua (l)	16.000	7.200	16.000	7.000
Agentes reductores (kg)	82	30	75	36
Electricidad (Kw)	120	40	160	40

Como puede apreciarse los consumos se reducen notablemente en el sistema por vaporizado en relación al sistema de blanqueo en solución.

## CONCLUSIONES

Las que se infieren de este estudio pueden resumirse en la forma siguiente:

Es posible blanquear la lana con reductores con el sistema de impregnación-vaporizado, obteniéndose análogas características en la fibra blanqueada que cuando se emplea el sistema de blanqueo en solución.

El sistema de blanqueo por vaporizado economiza considerables cantidades de agentes reductores, agua, vapor y electricidad, en comparación con el sistema de blanqueo en solución.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Secretariado Internacional de la Lana y al Patronato de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Tarrasa por la ayuda económica prestada para poder realizar este estudio. Agradecen también, la colaboración de las señoritas Farriol, Escamilla y Manzarraga por su ayuda en los ensayos de laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) J. T. Marsh: An Introduction to the Textile Bleaching, Chapman and Hall.
- (2) Philips: J.S.D.C. (1938) 505.
- (3) Fraytag, R. y Buckard, A.: Teinture et Apprets (1963) 203.
- (4) Lunger, G. A.: Canadian Textile Journal (1961) 41.
- (5) J. Cegarra; J. Ribe; J. Gacen: J.S.D.C. 83 (1967) 189.
- (6) J. Cegarra; J. Gacen; J. Ribe: I.W.T.O. Technical Committee, Report, n.º 6 (Bruselas, 1967).
- (7) A. Fargues; E. Bonte: Bull. Inst. Text. France, 18 (1964) 249.
- (8) Norton, G. P. y Nicholls, C. H.: J. T. I., Vol. 51, n.º 12, part. 2nd, T. 1185.
- (9) I.W.T.O. Tecnical Committee (Venice, 1964).
- (10) Zahn, H.; Gerthsen; Meichelbeck: Melliand Textilberichte 43 (1962) 1179.